

ОЦЕНКА РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА РАБОТАЮЩИХ ЛЮДЕЙ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ ПО ЛЕЙКОЦИТАРНОЙ ФОРМУЛЕ КРОВИ: КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹Р. С. Рахманов*, ¹Е. С. Богомолова, ²Д. А. Нарутдинов, ¹С. А. Разгулин, ¹Д. В. Непряхин

¹Приволжский исследовательский медицинский университет, г. Нижний Новгород, Россия

²Красноярский государственный медицинский университет имени профессора
В. Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Лейкоциты обеспечивают резистентность, лейкоцитарные индексы позволяют анализировать адаптационные возможности организма.

ЦЕЛЬ. Оценить реакцию организма у работающих людей в Арктической зоне России по показателям лейкоцитарной формулы крови при различной длительности профессиональной деятельности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проанализированы лейкоцитарные формулы крови у военнослужащих при длительности работ до 5 и до 10 лет в Арктике ($n = 51$) и Субарктике ($n = 60$). Рассчитаны лейкоцитарные индексы. Оценены особенности быта и эколого-гигиенические условия обитания в Субарктике.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Лейкоциты, кроме палочкоядерных нейтрофилов, были в норме. В Субарктике количество лейкоцитов в 1,19–1,31 раза меньше ($p = 0,001$), доля сегментоядерных нейтрофилов в 1,19–1,2 раза больше ($p = 0,01$); превышение моноцитов границ нормы у 11,1–12,7 %. Лейкоцитарные индексы в группах, находящихся в Арктической зоне до 5 лет, показали различия по 5 из 8 рассчитанных, до 10 лет – по 7 индексам. При работах до 5 лет установлено отсутствие признаков воспаления, нормальное состояние иммунореактивности, достаточные резервы адаптации, высокий уровень иммунной защиты организма, сбалансированность иммунной системы, высокая реактивность, адаптивный иммунитет и фагоцитарная активность клеток; в Субарктике – реакция гиперчувствительности немедленного типа. При работах до 10 лет в Арктике выявлено негативное влияние на гуморальное, клеточное звено иммунитета и фагоцитарную активность клеток, повышение приспособленности организма к условиям; в Субарктике – снижение иммунорезистентности и иммунной защиты организма.

ОБСУЖДЕНИЕ. Установлено негативное влияние труда на Севере на лимфоциты при преобладающей роли условий труда по сравнению с длительностью работ. Наши данные отличаются от этих результатов: установлена многофакторность воздействия, обусловленная видом труда, длительностью, эколого-гигиеническими условиями и, возможно, фактором питания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Вредный умственный и физический труд в Арктике негативно влиял на гуморальное и клеточное звено иммунитета, но способствовал повышению приспособленности организма. Вредный умственный труд в Субарктике с увеличением его длительности снижал адаптационные возможности и неспецифическую резистентность организма.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, Арктика, Субарктика, длительность работ, лейкоциты, лейкоцитарные индексы, особенности реакции организма

*Для корреспонденции: Рахманов Рафаиль Салыхович, e-mail: raf53@mail.ru

*For correspondence: Rofail S. Rakhmanov, e-mail: raf53@mail.ru

Для цитирования: Рахманов Р. С., Богомолова Е. С., Нарутдинов Д. А., Разгулин С. А., Непряхин Д. В. Оценка реакции организма работающих людей в Арктической зоне России по лейкоцитарной формуле крови: когортное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 3. С. 84–92, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-3-84-92>; EDN: <https://eLibrary.ru/DDLFKL>

For citation: Rakhmanov R. S., Bogomolova E. S., Narutdinov D. A., Razgulin S. A., Nepryakhin D. V. Assessment of body's response in working people in arctic region of Russia based on leukocyte formula of blood: cohort study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 3. P. 84–92, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-3-84-92>; EDN: <https://eLibrary.ru/DDLFKL>

© Авторы, 2025. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа» в соответствии с лицензией CCBY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

ASSESSMENT OF BODY'S RESPONSE IN WORKING PEOPLE IN ARCTIC REGION OF RUSSIA BASED ON LEUKOCYTE FORMULA OF BLOOD: COHORT STUDY

¹Rofail S. Rakhmanov*, ¹Elena S. Bogomolova, ²Denis A. Narutdinov, ¹Sergey A. Razgulin, ¹Dmitry V. Nepryakhin

¹Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

²Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V. F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, Russia

INTRODUCTION. Leukocytes provide resistance, leukocyte indices allow analysis of the body's adaptive capabilities.

OBJECTIVE. To assess the body's reactions in working people in the Arctic zone of Russia based on blood leukocyte count indicators for different lengths of professional activity.

MATERIALS AND METHODS. The leukocyte formulas of blood were analyzed in military personnel with up to 5 and up to 10 years of service in the Arctic ($n = 51$) and Subarctic ($n = 60$). Leukocyte indices were calculated. The characteristics of everyday life and the ecological and hygienic conditions of living in the Subarctic were assessed.

RESULTS. Leukocytes, except for band neutrophils, were normal. In the subarctic, the number of leukocytes was 1.19–1.31 times lower ($p = 0.001$), the proportion of segmented neutrophils was 1.19–1.2 times higher ($p = 0.01$); and monocytes exceeded normal limits by 11.1–12.7%. Leukocyte indices in groups living in the Arctic zone for up to 5 years showed differences in 5 out of 8 calculated indices, and for up to 10 years — in 7 indices. In studies up to 5 years, there were no signs of inflammation, normal immunoreactivity, sufficient reserves for adaptation, high level of immune protection, balanced immune system, high reactivity, adaptive immunity, and phagocytic activity of cells; in the Subarctic, there was an immediate hypersensitivity reaction. During work lasting up to 10 years in the Arctic, a negative effect on the humoral and cellular components of immunity and phagocytic activity of cells was revealed, as well as an increase in the body's adaptability to conditions; in the Subarctic, there was a decrease in immunoresistance and immune protection of the body.

DISCUSSION. A negative impact of work in the North on lymphocytes has been established, with working conditions playing a more significant role than the duration of work. Our data differ from these results: we have established a multifactorial impact, determined by the type of work, its duration, environmental and hygienic conditions, and, possibly, nutrition.

CONCLUSION. Harmful mental and physical labor in the Arctic had a negative impact on the humoral and cellular components of immunity, but contributed to an increase in the body's adaptability. Harmful mental labor in the Subarctic, with an increase in its duration, reduced the body's adaptive capabilities and nonspecific resistance.

KEYWORDS: marine medicine, Arctic, Subarctic, duration of work, leukocytes, leukocyte indices, characteristics of the body's response

Введение. Среди свойств лейкоцитов есть и такие, как обеспечение механизмов резистентности за счет лизосомальных ферментов, освобождения лизоцима, катионных белков, лактоферрина, активных форм кислорода. Они индуцируют развитие иммунологических механизмов защиты, а также аллергических реакций организма [1].

В гигиене и физиологии труда оценка отдельных составляющих дает возможность определять влияние факторов внешней среды на организм, рассчитывать лейкоцитарные индексы для анализа происходящих при этом изменений адаптационных возможностей организма [2, 3], в клинике — для прогноза течения заболеваний [4–9].

Рядом авторов установлено негативное влияние труда на Крайнем Севере, в частности на лимфоциты и выработку иммуноглобулинов, что указывает на ослабление иммунной защиты организма [10]. При этом отмечается прева-

лирующая роль условий труда по сравнению с длительностью работ на Севере.

Цель. Оценить реакцию организма у работающих людей в Арктической зоне России по показателям лейкоцитарной формулы крови при различной длительности профессиональной деятельности.

Материалы и методы. Проанализированы результаты исследований клинико-лабораторных проб крови, проведенных при плановой медицинской диспансеризации военнослужащих, проходящих службу по контракту (ВПСК), в летний период года. Оценены данные лиц, относящихся к группам «здоров» (первая) и «практически здоров» (вторая), осуществляющих профессиональную деятельность в Арктической зоне России: в Арктике ($n = 51$; остров Диксон и мыс Челюскин) и Субарктике ($n = 60$; Норильск). Анализ данных проводили, разделив обе когорты на группы по длительности работ в указанных условиях: первые (до 5

лет) и вторые (до 10 лет) соответственно в Арктике – 21 и 30 военнослужащих и в Субарктике – 28 и 32 военнослужащего. На изучение результатов исследований получены информированные согласия ВПСК.

Предметом изучения служила лейкоцитарная формула крови как результат реакции организма на влияние условий обитания и труда. По ним же рассчитывали лейкоцитарные индексы соотношений: нейтрофилы – лимфоциты (ИсНЛ); лимфоциты – нейтрофилы (ИсЛН); лимфоциты – моноциты (ИсЛМ); нейтрофилы – моноциты (ИсНМ); лимфоциты – эозинофилы (ИсЛЭ); моноциты – лимфоциты (ИсМЛ); лимфоциты – % сегментоядерных нейтрофилов (Гаркави-индекс – ИГ); сумма эозинофилов и лимфоцитов – моноциты (иммунореактивность организма – ИИР).

Были изучены особенности быта и эколого-гигиенические условия обитания в Норильске¹. Условия труда оценили по Руководству².

Первичный материал был проверен на нормальность распределения. При параметрических показателях определены средние значения (M) и их стандартные отклонения ($M \pm \sigma$), при непараметрических – медианы (Me) и ($Q1$, $Q3$), достоверность различий соответственно по t -критерию Стьюдента и Манна-Уитни при вероятности $p < 0,05$.

Результаты. Стаж профессиональной деятельности ВПСК, находящихся в Арктической зоне до 5 лет (первые группы) составил соответственно $3,9 \pm 0,84$ и $3,2 \pm 1,88$ года ($p = 0,541$), до 10 лет (вторые) – $7,1 \pm 0,76$ и $7,6 \pm 1,23$ года ($p = 0,12$); статистические различия в возрастных группах 1 и 2 и в Арктике, и в Субарктике были значимыми ($p = 0,001$).

Природно-климатические условия и гелиогеофизические влияния на организм представлены как экстремальные.

В Арктике условия быта (проживание в общежитии, банно-прачечное обслуживание), питание при высокой энергетической ценности и сбалансированности по макронутриентам – $4466,7 \pm 230,7$ ккал суточного раци-

она³, но при использовании консервированных и сублимированных овощей и фруктов были организованными. В Субарктике питание было индивидуальным, с особенностями режима: двухкратное в сутки у 52,7 % (без завтрака), обед – на предприятиях общественного питания, ужин в домашних условиях; в рационе редко присутствовали рыбопродукты, свежие овощи. Коммунально-бытовые условия соответствовали таковым у городского населения. Кроме того, в Арктике ВПСК находились в отсутствии семейных взаимоотношений, в Субарктике все проживали в семьях с женами.

Условия труда различались по степени тяжести, напряженности и (в целом) по степени вредности и опасности. В Арктике труд был напряженным (вредным 3.2 степени) и тяжелым (вредным 3.2 степени); итоговая оценка – степень вредности 3.3. Трудовая деятельность осуществлялась трехдневными циклами: сутки – умственный труд с высокими психоэмоциональными нагрузками, сутки – отдых, на третьи сутки – работа в течение 5–6 ч на открытой территории.

В Субарктике тяжесть труда по степени вредности 2, напряженность трудового процесса – труд вредный 3 степень 2; итоговая оценка степени вредности и опасности труда – вредный 3 степень 2. Умственный труд с высокой напряженностью трудовых процессов, значительной гиподинамией и повышенными психоэмоциональными нагрузками характеризовался ненормированным рабочим днем, в основном в течение шести дней в неделю, ежемесячные суточные дежурства.

Экологическая ситуация в Норильске в 2023 г. определялась превышением гигиенического норматива предельно-допустимой концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе. Так, среднегодовые (с.г.) концентрации взвешенных веществ достигали 1,99 ПДК с. г., среднегодовая концентрация диоксида серы увеличилась по сравнению с 2022 г. с 1,72 до 2,10 ПДК с. с. (среднесуточная концентрация) в 2003 г., нарастали среднегодовые концентрации окси-

¹Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2023 году» / Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края. Красноярск; 2024: 386 с.

²Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006-05.

³О продовольственном обеспечении военнослужащих и некоторых других категорий лиц, а также об обеспечении кормами (продуктами) штатных животных воинских частей и организаций в мирное время: Постановление Правительства РФ от 29.12.2007 г. № 946 (в редакции от 18.09.2020 № 1484).

да углерода, оксида азота, регистрировались случаи превышения ПДК м. р. (максимально разовые) по сероводороду и озону. Среднегодовые и средние за месяц концентрации металлов в атмосфере превышали ПДК.

Показатели лейкограмм у ВПСК при длительности работ до 5 лет, за исключением палочкоядерных нейтрофилов, были в пределах референтных границ. Однако количество лейкоцитов в условиях Субарктики было меньшим, а доли сегментоядерных нейтрофилов (что обуславливало сдвиг формулы вправо), моноцитов и лимфоцитов – большими. Было обращено внимание на моноциты у лиц в Субарктике, в 11,1 % анализов они выходили за границу нормы, их доля достигала 10,2 % (табл. 1).

В сравниваемых группах при длительности работ до 10 лет были выявлены те же особенности, а также статистически значимые различия по доле палочкоядерных нейтрофилов: она была меньшей в условиях Субарктики (табл. 2). По сегментоядерным нейтрофилам определялся более значимый сдвиг вправо, нежели в подобной 1-й группе. Кроме того, верхнее значение доли моноцитов достигало 10,82 %. Это было обусловлено наличием результатов, где их доля достигала 12,7 %. Такие результаты обнаруживали у 29,4 % обследованных. Еще у 11,8 % их доля находилась на уровне верхней границы нормы.

Необходимо отметить отсутствие статистически значимых различий в показателях лейкоцитарных формул в группах 1 и 2 и в Арктике, и в Субарктике (за исключением доли эозинофилов: она у лиц группы 2 в Арктике была меньшей, $p = 0,002$).

Лейкоцитарные индексы показали у лиц первых групп наличие различий по 5 позициям из 8 рассчитанных: в Субарктике ИсНЛ и ИсНМ были статистически значимо меньшими, а ИсЛН, ИсЛЭ и ГИ – большими (табл. 3). Относительно референтных норм различия у ВПСК в Арктике были установлены по 4 индексам (ИсНЛ, ИсЛН, ИсНМ, ГИ), в Субарктике – по 5 (включая ИсЛЭ), а индексы лимфоциты – моноциты, моноциты – лимфоциты и иммуннорезистентности организма не отличались.

Во вторых группах статистические значимые различия были установлены по 7 лейкоцитарным индексам. Так, в Субарктике были меньшими 3 индекса, большими – 4. Интересно, что ИсЛН уже не имел различий, а ИсЛМ, наоборот, приобрел значимость. Кроме того, различия были определены по ГИ и ИИР (табл. 4). От референтных норм в Арктике отличались 4 индекса, в Субарктике – 6 индексов.

Неспецифические адаптационные реакции организма в Арктике у лиц обеих групп практически не различались, находились в оцениваемых пределах тренировка – повышенная активация. В Субарктике в группе 1 выявили лиц в состоянии переактивации, а в группе 2 – и стресса. В сравниваемых группах по длительности работ обнаружены существенные отклонения. Так, в Субарктике при длительности работ до 5 лет доля лиц в состоянии тренировки была в 4,9 раза меньше, спокойной активации в 1,6 раза меньше, а повышенной активации – 5,5 раза больше. В группе 2 была обнаружена такая же особенность: соответственно меньше в 4,5 раза, в 1,7 раза и больше в 7,0 раза (табл. 5).

Таблица 1

Показатели лейкограмм при длительности работ до 5 лет, абс.

Table 1

Leukogram indicators for work duration up to 5 years, abs.

Показатель крови, границы нормы	Группа наблюдения, абс.		Достоверность различий, p
	Арктика 1	Субарктика 1	
Лейкоциты, $3,9-10,6 \cdot 10^9/\text{л}$	6,6 (6,1–6,8)	5,54 (4,9–5,8)	0,001
Нейтрофилы:			
палочкоядерные, 1–6 %;	0,3 (0,2–0,6)	0,2 (0,2–0,5)	0,201
сегментоядерные, 40–72 %	$45,2 \pm 3,05$	$50,6 \pm 7,8$	0,034
Эозинофилы, 1–5 %	3,9 (3,4–4,6)	2,3 (1,4–4,8)	0,053
Базофилы, 0–1 %	0,7 (0,1–1,0)	0,6 (0,3–0,7)	0,446
Моноциты, 2–10 %	$6,5 \pm 2,05$	$8,7 \pm 0,96$	0,0002
Лимфоциты, 18–45 %	27,6 (25,2–31,2)	36,25 (32,52–38,0)	0,001

Таблица 2

Показатели лейкограмм при длительности работ до 10 лет, абс.

Tabl 2

Leukogram indicators for work duration up to 10 years, abs.

Показатель крови, границы нормы	Группа наблюдения, абс.		Достоверность различий, <i>p</i>
	Арктика 2	Субарктика 2	
Лейкоциты, $3,9-10,6 \cdot 10^9/\text{л}$	7,1 (5,9–7,5)	5,41 (5,16–6,39)	0,005
Нейтрофилы: палочкоядерные, 1–6 %; сегментоядерные, 40–72 %	0,4 (0,2–0,9) 44,14 ± 3,7	0,2 (0,15–0,2) 52,41 ± 5,1	0,015 0,001
Эозинофилы, 1–5 %	2,6 (1,9–3,2)	2,7 (1,3–2,9)	0,438
Базофилы, 0–1 %	0,5 (0,3–0,7)	0,4 (0,2–0,45)	0,169
Моноциты, 2–10 %	5,9 ± 2,06	9,58 ± 1,24	0,001
Лимфоциты, 18–45 %	26,9 (24,2–31,2)	36,7 (32,1–38,2)	0,002

Таблица 3

Значения лейкоцитарных индексов при длительности работ в Арктической зоне до 5 лет

Tabl 3

Leukocyte index values for work duration in the Arctic zone up to 5 years

Лейкоцитарный индекс	Группа наблюдения, $M \pm \sigma$		Достоверность различий, <i>p</i>
	Арктика 1	Субарктика 1	
ИсНЛ, $2,47 \pm 0,21$	$1,62 \pm 0,17$	$1,34 \pm 0,22$	0,011
ИсЛН, $0,52 \pm 0,04$ адаптивный иммунитет высокий, но у молодых в Су б – выше, потом сравнивается	$0,63 \pm 0,07$	$0,88 \pm 0,09$	0,036
ИсЛМ, $5,34 \pm 0,59$	$5,1 \pm 2,0$	$4,4 \pm 0,44$	0,211
ИсНМ, $11,83 \pm 1,31$	$8,0 \pm 2,8$	$5,78 \pm 1,09$	0,037
ИсЛЭ, $8,73 \pm 1,26$	$8,2 \pm 1,93$	$21,2 \pm 13,9$	0,008
ГИ, 0,3–0,5	$0,64 \pm 0,07$	$0,89 \pm 0,3$	0,037
ИсМЛ, 0,1–0,3	$0,23 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,04$	0,502
ИИР, 5,2 (3,8 – 6,5)	$4,66 \pm 2,3$	$4,9 \pm 0,7$	0,156

Таблица 4

Значения лейкоцитарных индексов при длительности работ в Арктической зоне до 10 лет

Tabl 4

Leukocyte index values for duration of work in the Arctic zone up to 10 years

Лейкоцитарный индекс	Группа наблюдения, $M \pm \sigma$		Достоверность различий, <i>p</i>
	Арктика 2	Субарктика 2	
ИсНЛ $2,47 \pm 0,21$	$1,63 \pm 0,19$	$1,35 \pm 0,15$	0,001
ИсЛН $0,52 \pm 0,04$	$0,62 \pm 0,06$	$0,69 \pm 0,16$	0,2
ИсЛМ $5,34 \pm 0,59$	$5,45 \pm 1,89$	$3,9 \pm 0,87$	0,011
ИсНМ $11,83 \pm 1,31$	$8,67 \pm 2,57$	$5,67 \pm 0,66$	0,001
ИсЛЭ $8,73 \pm 1,26$	$11,4 \pm 3,86$	$20,1 \pm 10,5$	0,006
ГИ 0,3–0,5	$0,63 \pm 0,07$	$0,69 \pm 0,08$	0,001
ИсМЛ 0,1–0,3	$0,22 \pm 0,07$	$0,26 \pm 0,04$	0,048
ИИР 5,2 (3,8 – 6,5)	$5,87 \pm 1,88$	$4,3 \pm 0,8$	0,014

Таблица 5

Сравнительные показатели неспецифических адаптационных реакций организма при работах в арктической зоне России, %

Tabl 5

Comparative indicators of non-specific adaptive reactions of the body during work in the Arctic zone of Russia, %

Состояние НАРО	Группы 1		Группы 2	
	Арктика	Субарктика	Арктика	Субарктика
Стресс	0	0	0	5,9
Тренировка	54,5	11,1	53,3	11,8
Спокойная активация	36,4	22,2	40,0	23,5
Повышенная активация	9,1	50,0	6,7	47,0
Переактивация		16,7	0	11,8

Обсуждение. Результаты исследования показали низкую долю палочкоядерных нейтрофилов во всех четырех группах. Эти данные указывали на возможный дефицит в организме цианкобаламина, фолиевой кислоты, железа, меди [11, 12], вызванный либо повышенной их потребностью в подобных условиях обитания, либо недостаточностью этих микронутриентов в рационах питания (более значимо для Субарктики). При этом в Субарктике с увеличением стажа работы их доля была статистически меньше, чем при работах в Арктике, что указывало на нарастающий дефицит микронутриентов.

Вторая выявленная особенность – различия в абсолютных значениях лейкоцитов и в доле-вых соотношениях сегментоядерных нейтрофилов. Увеличение доли последних возможно при снижении числа лейкоцитов, психоэмоциональном напряжении.

Кроме того, в группах ВПСК в условиях Субарктики были лица с повышенным уровнем моноцитов, их доля нарастала с увеличением длительности воинского труда. Публикации других авторов связывают это с влиянием стресса на организм [13]. В нашем наблюдении для ВПСК был характерен неблагоприятный умственный труд, вероятно, приводящий к росту доли моноцитов. Показано, что психологический стресс связан с системным воспалением и ускоряет прогрессирование воспалительных заболеваний (например, атеросклероза). При этом моноциты играют ключевую роль в поддержании системного воспаления [14].

Лейкоцитарные индексы позволили выявить особенности в состоянии механизмов неспецифической резистентности организма

ВПСК в Арктической зоне. Так, у лиц, осуществляющих профессиональную деятельность до 5 лет, нормальные значения ИсМЛ свидетельствовали об отсутствии признаков воспаления [15], ИсЛМ – о нормальном состоянии иммунореактивности [3, 7, 8, 16], ИИР – о достаточных резервах адаптации организма [16, 17]. Уровень иммунной защиты организма у них был высокий (ГИ). Более низкие ИсНЛ свидетельствовали о высокой сбалансированности иммунной системы, высокой реактивности организма; более высокие ИсЛН – о высоком состоянии адаптивного иммунитета [8, 18], ИсНМ – о таком же уровне фагоцитарной активности клеток [4].

При этом ИсНЛ, ИсЛН и ИсНМ у ВПСК в условиях Субарктики указывали на более высокий уровень защитных сил организма. Однако у них ИсЛЭ превышал нормативный уровень и был статистически значимо выше, чем у лиц в условиях Арктики. Этот индекс означал наличие реакции гиперчувствительности немедленного типа – аллергизации организма [3].

При длительности профессиональной деятельности до 10 лет у ВПСК в каждой зоне произошли изменения. Так, ИсЛН уже не имели значимых различий; ИсЛМ в Арктике увеличивался, а в Субарктике – снижался, что обусловило статистическую значимость различий в показателях; ИсНМ увеличивался и оставался без изменений. Обнаружились значимые различия по ИсМЛ и ИИР. Эти данные указывали на снижение уровня адаптивного иммунитета в Субарктике. В референтных границах оставались ГИ и ИИР, но всё же были менее значимыми, чем эти же показатели в Арктике,

что свидетельствовало о более негативном влиянии таких условий обитания и жизнедеятельности на данную категорию ВПСК.

В Арктике у этих лиц, по сравнению с лицами с меньшей длительностью нахождения в данных условиях, отмечено увеличение ИсЛМ ($p = 0,01$), ИсНМ ($p = 0,01$), ИсЛЭ ($p = 0,01$), ИИР ($p = 0,04$). То есть эти условия оказывали негативное влияние на гуморальное и клеточное звено иммунитета (ИсЛИ) и фагоцитарную активность клеток (ИсМН). С другой стороны, ИсЛМ, ИсНЛ, ИсЛЭ, ИИР демонстрировали повышение приспособленности организма к экстремальным условиям обитания.

В Субарктике, по сравнению с группой лиц с меньшей продолжительностью деятельности, отмечено снижение ИсЛМ ($p = 0,045$) и ГИ (хотя он и оставался более высоким по сравнению с нормативным, $p = 0,018$). Это свидетельствовало о снижении иммунорезистентности и в целом – иммунной защиты организма. Также на высоком уровне оставался ИсЛЭ. Эти показатели свидетельствовали о негативном влиянии экологической обстановки на ВПСК в данных условиях обитания.

Подобное заключение о комплексном действии условий в Арктической зоне подтверждали сведения о нарастающей доле лиц, находящихся в состояниях, оцениваемых как «повышенная активация» и «переактивация», которые возрастали до 67,7 % и 64,7 % соответственно. Они приводят к активизации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, увеличению напряжения регуляторных систем гомеостаза, снижению адаптационных возможностей и неспецифической резистентности организма [19]. Подобные изменения в условиях Крайнего Севера обнаружены и другими авторами как у ВПСК [2], так и у коренного населения Арктики [20].

Однако увеличение продолжительности нахождения в Субарктике приводило к росту доли лиц с такими состояниями в 7,4 раза, а в Субарктике – в 8,8 раза. Кроме этого, зарегистрирована доля лиц в состоянии стресса, возникающего при влиянии сильных и чрезвычайных раздражителей и приводящего к резкому возбуждению в центральной нервной системе,

сменяющемуся запредельным торможением (крайней мерой защиты) [19]. С учетом этой величины рост негативных изменений увеличился в 9,7 раза.

Таким образом, оценка лейкоцитарной формулы и расчет индексов позволили оценить влияние условий Арктической зоны на ВПСК. Реакция организма отразилась на многофакторном воздействии, обусловленном и видом труда, и его длительностью, и влиянием эколого-гигиенических условий обитания, и, возможно, фактором питания. Эти данные отличаются от результатов исследований других авторов [10].

Заключение. Лейкоциты крови у военнослужащих в Арктической зоне России, за исключением палочкоядерных нейтрофилов, были в пределах границ нормы, снижение которых, возможно, связано с обеспеченностью организма витаминами B_{12} , B_9 и минеральными веществами (Fe, Cu). На роль психоэмоционального напряжения, вызывающего стресс, указывали сегментоядерные нейтрофилы и моноциты в структуре лейкоцитов. Лейкоцитарные индексы при длительности работ до 5 лет подтверждали высокий уровень адаптационных возможностей организма по показателям его неспецифической резистентности, более высокий в Субарктике. Вместе с тем в условиях эколого-гигиенического неблагополучия происходит аллергизация организма. Вредный, тяжелый и напряженный трудовой процесс при регламентированных режимах деятельности и отдыха, смене умственного и физического труда, высокой калорийности рациона питания и его регулярности хотя и оказывали негативное влияние на гуморальное и клеточное звено иммунитета, но способствовали повышению приспособленности организма к экстремальным условиям обитания. Напротив, вредный по напряженности трудовой процесс при нерегламентированной его продолжительности, несоблюдении режима труда и отдыха, нарушении режима питания, неблагоприятных эколого-гигиенических условиях обитания с увеличением его длительности снижали адаптационные возможности и неспецифическую резистентность организма.

Сведения об авторах

Рахманов Рофаиль Салыхович – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры гигиены, Приволжский исследовательский медицинский университет; Россия, 603905, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; ORCID:0000-0003-1531-5518; e-mail: raf53@mail.ru

Богомолова Елена Сергеевна – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой гигиены, Приволжский исследовательский медицинский университет; Россия, 603905, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; ORCID: 0000-0002-1573-3667; e-mail: olenabgm@rambler.ru

Нарутдинов Денис Алексеевич – кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры общественного здоровья и здравоохранения, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого; Россия, 660022, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; ORCID: 0000-0002-5438-8755; e-mail: den007-19@mail.ru

Разгулин Сергей Александрович – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой медицины катастроф, Приволжский исследовательский медицинский университет; Россия, 603905, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; ORCID: 0000 0001-8356- 2970; e-mail: kafedramk@pimunn.ru

Непряхин Дмитрий Викторович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены, Приволжский исследовательский медицинский университет; Россия, 603905, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; ORCID: 0000-0003-3952-3960; e-mail: mutassyvevo@mail.ru

Information about the authors

Rofail S. Rakhmanov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; Russia, 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Sq., 10/1; ORCID: 0000-0003-1531-5518; e-mail: raf53@mail.ru

Elena S. Bogomolova, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; Russia, 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Sq., 10/1; ORCID: 0000-0002-1573-3667; mail: olenabgm@rambler.ru

Denis A. Narutdinov – Cand. of Sci. (Med.), Lecturer, Department of Public Health and Healthcare, Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V. F. Voino-Yasenetsky; Russia, 660022, Krasnoyarsk, Partizan Zheleznyak Str., 1; ORCID: 0000-0002-5438-8755; e-mail: den007-19@mail.ru

Sergey A. Razgulin, Dr. of Sci. (Med.), assistant professor, Head of the Department of Disaster Medicine, Privolzhsky Research Medical University; Russia, 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Sq., 10/1; ORCID: 0000 0001-8356-2970; e-mail: kafedramk@pimunn.ru

Dmitry V. Nepryakhin – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; Russia, 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Sq., 10/1. ORCID: 0000-0003-3952-3960; e-mail: mutassyvevo@mail.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — Р. С. Рахманов; сбор данных — Д. А. Нарутдинов; математический анализ данных — С. А. Разгулин; литературный обзор — Д. В. Непряхин; подготовка рукописи — Р. С. Рахманов, Е. С. Богомолова, Д. В. Непряхин.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: RSR the largest contribution is distributed as follows: concept and design of the study. DAN data collection. SAR mathematical analysis of data. DVN literature review. RSR, ESB, DVN preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Соответствие принципам этики: Исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (в редакции 2013 г.) и одобрено этическим комитетом Приволжского исследовательского института (протокол № 4 от 14.03.2022 г.). От всех участников было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Adherence to ethical standards: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association (as amended in 2013) and approved by the ethical committee of the Volga Research Institute (protocol No. 4 dated March 14, 2022). Written informed consent was obtained from all participants to participate in the study.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Financing. The study was not sponsored.

Поступила/Received: 23.03.2025

Принята к печати/Accepted: 15.09.2025

Опубликована/Published: 30.09.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Чеснокова Н. П., Понукалина Е. В., Полутова Н. В., Бизенкова М. Н., Жевак Т. Н., Моррисон В. В. Лекция 1. Лейкоциты крови: общая характеристика, классификация. лейкопоэз и его регуляция // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 4-2. С. 280-284 [Chesnokova N. P., Ponukalina E. V., Polutova N. V., Bizenkova M. N., Zhevak T. N., Morrison V. V. Lecture 1. Blood leukocytes: general characteristics, classification. leukopoiesis and its regulation. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2015. No. 4-2. pp. 280-284 (in Russ.)].
2. Чурилов Ю. К., Вовкодав В. С., Моисеев Ю. Б., Ричей И. И. К оценке состояния иммунологической реактивности и адаптационного потенциала у летного состава // *Медицинские аспекты безопасности полетов*. СПб.: ВМедА; 2017. С. 86-187 [Churilov Yu. K., Vovkodav V. S., Moiseev Yu. B., Richey I. I. Towards an assessment of the state of immunological reactivity and adaptive potential in flight personnel // *Medical aspects of flight safety*. St Petersburg: VMedA; 2017, pp. 86-187 (in Russ.)].

3. Чурилов Ю. К., Моисеев Ю. Б., Ричей И. И. Состояние иммунологической реактивности в процессе профессиональной адаптации летного состава // *Военно-медицинский журнал*. 2019. Т. 340, № 4. С. 42–46 [Churilov Yu. K., Moiseev Yu. B., Richey I. I. The state of immunological reactivity in the process of professional adaptation of flight personnel // *Military Medical Journal*, 2019, Vol. 340, No. 4, pp. 42–46 (in Russ.)]. doi:10.17816/RMMJ81690.
4. Мокашева Е. Н., Мокашева Е. Н. Лейкоцитарные индексы у пациентов терапевтического и хирургического профиля // *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2024. № 3. С. 24–29 [Mokasheva E. N., Mokasheva E. N. Leukocyte indices in patients with therapeutic and surgical profiles // *Scientific review. Medical sciences*, 2024, No. 3, pp. 24–29 (in Russ.)]. doi: 10.17513/srms.1400.
5. Stefaniuk P., Szymczyk A., Podhorecka M. The Neutrophil to Lymphocyte and Lymphocyte to Monocyte Ratios as New Prognostic Factors in Hematological Malignancies. A Narrative Review. *Cancer Manag Res*, 2020, No. 12, pp. 2961–2977. doi: 10.2147/CMAR.S245928.
6. Hamad D. A., Mai Aly M. M., Abdelhameid M. A., Ahmed S. A., Shaltout A. S., Abdel-Moniem A. E., Ragheb A. M. R., Attia M. N., Meshref T. S. Combined Blood Indexes of Systemic Inflammation as a Mirror to Admission to Intensive Care Unit in COVID-19 Patients: A Multicentric Study. *J. Epidemiol Glob Health*, 2022, Vol. 12, No. 1, pp. 64–73. doi: 10.1007/s44197-021-00021-5.
7. Бахчоян М. Р., Космачева Е. Д., Славинский А. А. Индекс соотношения нейтрофилов к лимфоцитам как предиктор неблагоприятного прогноза у пациентов с сердечной недостаточностью // *Клиническая практика*. 2017. № 3. С. 48–52 [Bakhchoyan M. R., Kosmacheva E. D., Slavinskiy A. A. Neutrophil to Lymphocyte Ratio as a Predictor of Poor Prognosis in Patients with Heart Failure // *Clinical Practice*, 2017, No. 3, pp. 48–52 (in Russ.)].
8. Панкратова Ю. С., Карпукhin О. Ю. Индекс соотношения нейтрофилов к лимфоцитам как показатель тяжести воспалительных осложнений // *Поволжский онкологический вестник*. 2022. Т. 13, № 2(50). pp. 21–27 [Pankratova Yu. S., Karpukhin O. Yu. Neutrophil to lymphocyte ratio index as an indicator of severity of inflammatory complications // *Volga Region Oncology Bulletin*, 2022, Vol. 13, No. 2(50), pp. 21–27 (in Russ.)].
9. Литвиненко Р. И., Велибеков Р. Т., Гайдук С. В., Жданов К. В., Нарольская Д. П. Оценка нейтрофильно-лейкоцитарного индекса у пациентов с кардиальной патологией и новой коронавирусной инфекцией // *Альманах клинической медицины*. 2023. Т. 51, № 1. pp. 59–65 [Litvinenko R. I., Velibekov R. T., Gayduk S. V., Zhdanov K. V., Narol'skaya D. P. Evaluation of the neutrophil-leukocyte index in patients with cardiac pathology and new coronavirus infection // *Almanac of Clinical Medicine*, 2023, Vol. 51, No. 1, pp. 59–65 (in Russ.)].
11. Knott L. Neutropenic Patients and Neutropenic Regimes. *British Journal of Haematology*, 2010, Vol. 150, № 3, С. 350–355.
12. Чеснокова Н. П., Понукалина Е. В., Невважай Т. А., Полутова Н. В., Бизенкова М. Н. Лекция 2. Морфофункциональные и метаболические особенности гранулоцитов периферической крови // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 4–2. С. 285–289 [Chesnokova N. P., Ponukalina E. V., Nevvazhay T. A., Polutova N. V., Bizenkova M. N. Lecture 2. Morphofunctional and metabolic features of peripheral blood granulocytes // *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2015, No. 4–2, pp. 285–289 (in Russ.)].
13. Peake J. M., Neubauer O., Walsh N. P., Simpson R. J. Recovery of the immune system after exercise. *J Appl Physiol* (1985), 2017, Vol. 122, No. 5, pp. 1077–1087. doi: 10.1152/japplphysiol.00622.2016.
14. Barrett T. J., Corr E. M., Solingen C. V., Schlamp F., Brown E. J., Koelwyn G. J., et al. Chronic stress primes innate immune responses in mice and humans. *Cell Rep*, 2021, Vol. 36, No. 10, pp. 109595. doi: 10.1016/j.celrep.2021.109595.
15. Косьякова Н. И., Грачев С. В., Прохоренко И. Р. Клинико-функциональные особенности и маркеры системного воспаления при хронической обструктивной болезни легких с частыми обострениями // *Современные проблемы науки и образования*. 2021. № 2. С. 167 [Kosyakova N. I., Grachev S. V., Prokhorenko I. R. Clinical and functional features and markers of systemic inflammation in chronic obstructive pulmonary disease with frequent exacerbations // *Modern problems of science and education*, 2021, No. 2, pp. 167 (in Russ.)]. doi: 10.17513/spno.30725.
16. Разнатовская Е. Н. Интегральные индексы эндогенной интоксикации у больных химиорезистентным туберкулезом легких // *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. 2012. №2(9). С. 119–120 [Integral indices of endogenous intoxication in patients with drug-resistant pulmonary tuberculosis // *Current issues in pharmaceutical and medical science and practice*, 2012, No. 2(9). pp. 119–120 (in Ukr.)].
17. Коваленко Л. А., Суходолова Г. Н. Интегральные гематологические индексы и иммунологические индексы при острых отравлениях у детей // *Общая реаниматология*. 2013. № 9 (5). С. 24–28 [Kovalenko L. A., Sukhodolova G. N. Integral hematological indices and immunological indices in acute poisoning in children // *General reanimatology*, 2013, No. 9 (5), pp. 24–28 (in Russ.)].
18. Гаджиев Н. Дж., Эйнуллаева Н. А. Интегральные гематологические индексы при остром калькулезном холецистите // *Клиническая лабораторная диагностика*. 2024. Т. 69, № 8. С. 387–393 [Gadzhiev N. Dzh., Eynullaeva N. A. Integral hematological indices in acute calculous cholecystitis // *Clinical laboratory diagnostics*, 2024, Vol. 69, No. 8, pp. 387–393 (in Russ.)]. doi: 10.51620/0869-2084-2024-69-8-387-393.
19. Гаркави Л. Х. Активационная терапия: антистрессорные реакции активации и тренировки и их использование для оздоровления, профилактики и лечения. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета; 2006 [Garkavi L. Kh. Activation therapy: anti-stress reactions of activation and training and their use for health improvement, prevention and treatment. Rostov-on-Don: Rostov University Press; 2006 (in Russ.)].
20. Бельчусова Е. А., Николаева Е. Н., Колосова О. Н. Неспецифические адаптивные реакции организма коренных жителей Арктики // *Современные проблемы науки и образования*. 2016. № 3. С. 387 [Bel'chusova E. A., Nikolaeva E. N., Kolosova O. N. Non-specific adaptive reactions of the organism of the indigenous inhabitants of the Arctic // *Modern problems of science and education*, 2016, No. 3, pp. 387 (in Russ.)].